

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-524597

(P2005-524597A)

(43) 公表日 平成17年8月18日(2005.8.18)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>C03B 37/018</b>	C O 3 B 37/018	A 4 G O 1 4
<b>C03B 8/04</b>	C O 3 B 37/018	C 4 G O 2 1
	C O 3 B 8/04	F

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2004-501325 (P2004-501325)	(71) 出願人	503437727
(86) (22) 出願日	平成14年5月3日(2002.5.3)		ピレリ・アンド・チ・ソチエタ・ペル・ア
(85) 翻訳文提出日	平成16年12月20日(2004.12.20)		ツィオーニ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2002/004883		イタリア国 20123 ミラノ, ヴィア
(87) 国際公開番号	W02003/093182		・ガエターノ・ネグリ 10
(87) 国際公開日	平成15年11月13日(2003.11.13)	(74) 代理人	100089705
(81) 指定国	AP (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, C H, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, P L, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW		弁理士 社本 一夫
		(74) 代理人	100076691
			弁理士 増井 忠武
		(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100080137
			弁理士 千葉 昭男
		(74) 代理人	100096013
			弁理士 富田 博行

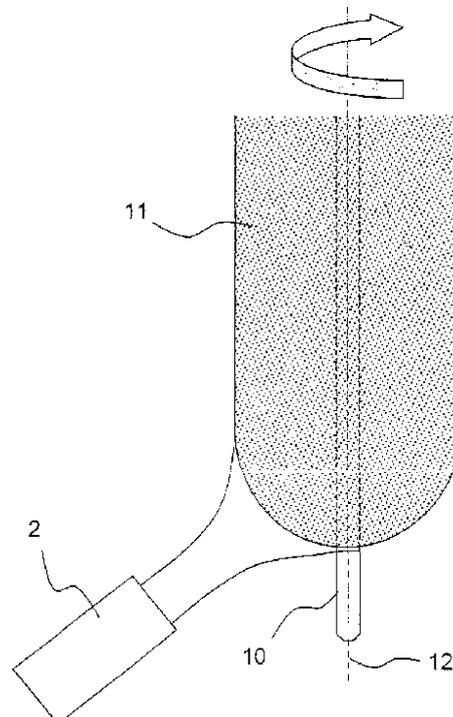
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガラスプリフォームを作製するバーナ組立体及び相応する作製方法

(57) 【要約】

【課題】

【解決手段】 光ファイバガラスプリフォーム11を作製する方法は、バーナ2を堆積ターゲット10の方向に提供するステップと、該バーナによって、第一の炎、第一の炎を取り巻く第二の炎、第一の炎を取り巻く第三の炎とを発生させるステップとを備え、第一の炎を発生させるステップは、ガラス前駆体材料と共に、顕著な量の可燃性気体をバーナの中央管路に供給するステップを備えている。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

バーナを堆積ターゲットの方向に提供するステップと、  
該バーナによって、少なくとも第一の炎と、該第一の炎を取り巻く第二の炎と、第一の炎を取り巻く第三の炎とを発生させるステップとを備え、

第一の炎を発生させるステップは、前記バーナに対し所定の量の可燃性気体、燃焼支援気体及びガラス前駆体材料を供給するステップを備える、光ファイバガラスプリフォームを作製する方法において、

第一の炎を発生させるステップが、前記所定の量の前記可燃性気体を体積比で少なくとも 30% だけ前記ガラスプリフォーム材料と予混合した状態で前記バーナの中央管路に供給するステップを備えることを特徴とする、光ファイバガラスプリフォームを作製する方法。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法において、

第一の炎を発生させるステップが、前記所定の量の前記可燃性気体を体積比で少なくとも 60% だけ前記中央管路に供給するステップを備える、方法。

## 【請求項 3】

請求項 2 に記載の方法において、

第一の炎を発生させるステップが、前記所定の量の前記可燃性気体を体積比で少なくとも 90% だけ前記中央管路に供給するステップを備える、方法。

20

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載の方法において、

第一の炎を発生させるステップが、前記所定の量の前記可燃性気体を全て前記中央管路に供給するステップを備える、方法。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載の方法において、

第一の炎を発生させるステップが、前記可燃性気体及び前記ガラス前駆体材料を約 0.8 ないし 1.2 の範囲のモル濃度比にて前記バーナに供給するステップを備える、方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 の方法において、

第一の炎を発生させるステップが、前記バーナに対し前記可燃性気体及び前記ガラス前駆体材料を少なくとも 0.8 のモル濃度比にて供給するステップを備える、方法。

30

## 【請求項 7】

請求項 6 に記載の方法において、

前記モル濃度比が約 1 である、方法。

## 【請求項 8】

請求項 1 に記載の方法において、

第一の炎を発生させるステップが、不活性気体を前記中央管路を取り巻く第二の管路に供給するステップと、燃焼支援気体を前記第二の管路を取り巻く第三の管路に供給するステップとを更に備える、方法。

40

## 【請求項 9】

請求項 1 に記載の方法において、

第二の炎を発生させるステップが、可燃性気体を酸素よりも小さい動粘度を有する不活性気体と予混合させるステップを備える、方法。

## 【請求項 10】

請求項 1 に記載の方法において、

第三の炎を発生させるステップが、可燃性気体を酸素よりも小さい動粘度を有する不活性気体と予混合させるステップを備える、方法。

## 【請求項 11】

ガラス光ファイバプリフォームを作製する方法にてガラススト粒子 ( g l a s s s

50

oot particle)の流れを発生させるバーナ組立体(1)において、  
内側炎、中間炎及び外側炎をそれぞれ発生させる第一、第二及び第三の組みの管路(7、8、9)を有するバーナ(2)と、

気体供給システム(3)であって、ガラス前駆体材料源(50a)と、可燃性気体源(50b)と、燃焼支援気体源(50c)とを有し、前記ガラス前駆体材料及び前記可燃性気体の混合体を形成するミキサー(53a)であって、前記中央管路(41)に対して前記混合体を供給し得るように前記バーナ(2)の中央管路(41)に流体的に接続された前記ミキサー(53a)を更に有する、前記気体供給システム(3)とを備える、バーナ組立体。

【請求項12】

10

請求項11に記載のバーナ組立体(1)において、

前記中央管路(41)が、可燃性気体源と流体的に接続された前記第一の組みの管路(7)の唯一の管路である、バーナ組立体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガラスプリフォーム、特に、光ファイバガラスプリフォームを作製するバーナ組立体及び相応する作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

電気通信用の光ファイバは、典型的に、各種のガラス堆積技術に従って作製することができるガラスプリフォームから引抜いた高純度の二酸化けい素系のガラスファイバである。

【0003】

気相軸付け法(VAD)及び外部気相成長法(OVD)を含む、これらの堆積技術の幾つかは、堆積すべきガラススート粒子を発生させる燃焼バーナを使用することを必要とする。このバーナには、通常、微細なガラス(すなわち、 $SiO_2$ )粒子を形成する高純度の流れが発生されるように、燃焼気体と共に、 $SiCl_4$ のような二酸化けい素前駆体が供給される。この流れは、ガラススートプリフォームを成長させるため回転するターゲットに向けられ、そのプリフォームは、その後、ガラス予成形を得るため圧密化される。選択的に、バーナには、 $GeCl_4$ のようなドーピング材料を供給してガラスの屈折率を適宜に修正することもできる。

30

【0004】

VAD堆積技術によれば、プリフォームの成長は軸方向に生じる。堆積バーナは、典型的に、実質的に固定の位置に維持される一方、プリフォームは、その軸線の周りで回転し且つ、バーナに対して上方に(又は下方に)ゆっくりと動かし、プリフォームを軸方向に成長させる。これと代替的に、堆積バーナがプリフォームに対して下方に(又は上方に)動く間、回転するプリフォームが実質的に固定の位置に維持されるようにしてもよい。

【0005】

これと異なり、OVD堆積技術において、プリフォームの成長は半径方向に生ずる。この過程において、回転するターゲット(例えば、石英ガラスロッド)は、全体として、固定の水平又は垂直方向に配置され、また、堆積バーナは、ターゲットがその軸線の周りで回転される間、ターゲットの軸線に対し平行に往復運動する。このようにした作製された光プリフォームは、異なる化学的組成を有するコア部分及びクラディング部分を備えており、このため、所定の半径方向屈折率プロフィールを得ることができる。

40

【0006】

より詳細には、堆積過程は、通常、コア及びクラディングの第一の部分を備えるコアプリフォームを形成する第一のステップと、更なるガラス層をコアプリフォームに堆積させ、これにより多孔質の最終のプリフォームを得る第二のステップ(「オーバクラディング」と称する)という、2つのステップにて行われる。

50

## 【0007】

堆積ステップの各々の終了時、プリフォームは圧密化される。特に、オーバクラッディングステップの後、多孔質の最終的なプリフォームを圧密化して、その後光ファイバに引抜くのに適した固体の最終のガラスプリフォームを形成する。

## 【0008】

光プリフォームを作製するための従来のバーナは、複数の同軸状の管状壁（又はパイプ）を備えており、ガラス前駆体材料（すなわち、選択的に、 $\text{GeCl}_4$ のようなドーパント材料と共に、 $\text{SiCl}_4$ のような二酸化けい素前駆体）、燃焼気体（例えば、酸素及び水素又はメタン）及び選択的に、幾つかの不活性気体（例えば、アルゴン又はヘリウム）がこの管状壁を通じて供給される。典型的に、ガラス前駆体材料は、同心状に配置されたパイプの間に形成された環状管路を通じてその他の気体が供給される間、中央パイプにより画成された管路を通じて供給される。管路の入口は、以下に、「ポート」と称する一方、パイプの出口部分は、「ノズル」と称する。

10

## 【0009】

堆積過程の収率を向上させるため、近年、スートが合成され且つ、単位時間、堆積される率（g/分）を向上させる研究が行われている。

反応効率の向上を通じてVAD過程の高合成率を得るという課題は、米国特許第4,618,354号にて取り扱われている。この特許は、k番目の炎は、(k+1)番目の炎の後方に配置され、微細なガラス粒子の堆積率を向上させる、多数炎バーナに関する。特に、内側炎及び外側炎を発生させ得るようにした二重炎バーナが記載されており、その内側炎は、外側炎の後方に隔てられる。

20

## 【0010】

図1には、米国特許第4,618,354号に記載された二重炎バーナが示されている（部分図にて）。参照番号21は、ガラス材料の供給オリフィスを示し、22は、水素気体を排出する可燃性気体供給オリフィス、23は、 $\text{He}$ 、 $\text{Ar}$ 又は $\text{N}_2$ を排出する不活性気体供給オリフィス、24は、 $\text{O}_2$ を排出する補助気体供給オリフィス、25は、別の不活性気体供給部を示す。オリフィス21ないし25は、こうした参照番号の順序にて同心状に配置され且つ、内側炎を形成する内側の多数オリフィス組立体を構成する。可燃性気体は、補助気体の助けを受けて燃焼されて内側炎を発生させる。参照番号26は、不活性気体の供給オリフィスを示し、参照番号27は、可燃性気体供給オリフィス、28は、別の不活性気体の供給オリフィス、参照番号29は、補助気体供給オリフィスを示す。これらのオリフィス26ないし29は、これらの参照番号の順序にてオリフィス25の周りに同心状に配置され且つ、外側炎を形成する外側多数オリフィス組立体を構成する。可燃性気体は、補助気体の助けを受けて燃焼されて外側炎を発生させる。内側多数オリフィスは、距離1だけ外側多数オリフィス組立体の後方に隔てられる。

30

## 【0011】

このため、オリフィスを通じて供給される気体は、最内側ポートから最外側ポートまで、それぞれガラスの原材料、 $\text{H}_2$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{Ar}$ 、ガラスの原材料すなわち $\text{Ar}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{Ar}$ 、及び $\text{O}_2$ である。

## 【0012】

米国特許第4,618,354号に記載されているように、外側炎が存在することで炎の長さが増す結果、堆積される微細なガラス粒子の量が増大する。

40

この有利な結果は、欧州特許第204461号により確認されており、この欧州特許は、二重炎を使用する結果として、炎中のガラスの微細な粒子の成長が加速され、粒子の直径が増大して、蓄積効率は向上すると述べている。

## 【0013】

しかし、欧州特許第204461号には、屈折率の分布状態を形成するドーピング原材料がバーナに供給されるとき、この材料が炎内に止まる時間が長いために、炎内にて必要とされるよりも、この材料は、より広く拡散される可能性があるとして述べられている。従って、欧州特許第204461号には、ドーピング反応剤（ $\text{GeCl}_4$ ）を供給するため

50

の中央パイプは、内側炎を形成する他のパイプに対して前方に隔てられ炎の内部でのドーパントの滞在時間が短くなるようにした、異なるVDAバーナが提案されている。欧州特許第204 461号に記載されたバーナにおいて、異なる管路に供給される気体は、最内側ポートから最外側ポートに向けて、それぞれGeCl<sub>4</sub>、SiCl<sub>4</sub>、及びH<sub>2</sub>、Ar、O<sub>2</sub>、Ar、Ar、SiCl<sub>4</sub>、及びH<sub>2</sub>、Ar、O<sub>2</sub>である。

【0014】

幾つかの特許には、異なる目的のため、原材料を不活性気体（欧州特許第698 581号）、He（日本国特許第2120251）、O<sub>2</sub>（米国特許第4,406,680号）又はH<sub>2</sub>（日本国特許第55144433）と予混合することが開示されている。特に、日本国特許第55144433号には、原材料（SiCl<sub>4</sub>）には中央管路内でH<sub>2</sub>が供給され、H<sub>2</sub>の流量は高速度及び安定的な作製を通じて特定の屈折率の分布状態を有する光ファイバが得られるように変化させるようにした、5層の単一炎バーナが記載されている。H<sub>2</sub>は、また、第二の層内でGeCl<sub>4</sub>に添加され且つ、個々に第四の層に供給される一方、第三及び第五の層には不活性気体及びO<sub>2</sub>がそれぞれ供給される。

10

【0015】

当該出願人は、VAD法の過程収率、特に、ガラスストが合成され且つ、堆積される率を更に増大させるという課題に取り組んできた。

当該出願人は、高収率の性能を得るためには多数炎バーナが必要とされ、また、堆積率を更に増すためには、原材料の流量を増大させることも必要であることを理解する。当該出願人は、2つの炎を利用する上述した技術において、バーナに供給される原材料の量が更に増す結果、堆積効果は低下すると考える。事実上、既知のバーナを使用する場合、原材料の流量を増大させれば、乱流も増し、その結果、二酸化けい素の封込め及びターゲットにおける層境界層の程度の双方が減少することになる。更に、粒子が形成されるとき反応効率は、原材料の流れの中央コア内での水及び熱の浸透が減少するため、低下する一方、粒子を形成する加水分解反応が効率的に行われるためには水及び熱の双方が必要である。

20

【0016】

炎の寸法が増大する結果、ガラス原材料の出口速度を実質的に一定に保つようにバーナの中央管路の寸法が増すならば、水及び熱が内部に浸透する程度が減少するという問題も生ずる。更に、バーナの寸法が増大する結果、粒子の収集効率、すなわち、堆積ターゲットに衝突する生成粒子の量が減少することになる。

30

【0017】

上記に鑑みて、本発明の1つの目的は、より高い合成及び堆積率にて円筒状の多孔質ストプリフォームを安定的に成長させることを許容する過程、及びかかる過程用のバーナを提供することである。

【0018】

当該出願人は、多数炎バーナを使用して行われる堆積法において、中央炎に対し必要とされる顕著な量の可燃性気体をガラス前駆体材料と共に、バーナの中央管路に供給することがガラスストの合成率及び堆積率を向上させることを可能にすることを知見した。この改良は、当該出願人によれば、内側炎が内部にガラス原材料の流れを発生させ、そのスト粒子の形成過程がより効率的に行われることに起因するものである。

40

【0019】

第一の炎（さもなければ拡がり易い）を封込め且つ粒子の形成過程を助けるため中央炎を取り巻く第二の炎が提供させる一方、粒子の堆積過程の間、成長するプリフォームの表面に対するサーモホロテック（thermophoretic）効果を向上させ且つ、粒子の流れに対する封込め効果を向上させるため、第三（外側）炎が提供されることが好ましい。

【0020】

実際には、内側炎がガラス原材料の流れの周りで発生されるとき、既知の型式の二重炎バーナ内で内側炎により提供される反応誘発効果及び封込め効果は、本発明の過程にて、

50

内側炎はガラス原材料の流れ内にて発生される、2つの異なる炎により提供される。その結果、第一に、合成率が増加する。第二に、反応は第一の炎と関係したノズルに極めて近くで開始し、このため、反応時間は長くなる。

【0021】

本発明の過程における第三の炎は、上述した二重炎バーナにおける第二の炎と実質的に同一の機能を有する。

当該出願人は、可燃性気体及びガラス前駆体材料が、内側管路に供給される前に、約0.8ないし1.2の範囲のモル濃度比にて混合されるとき、最大の改良程度となることを確認した。好ましくは、第一の炎の可燃性気体の全体量をガラス前駆体材料と混合させる。これと代替的に、中央管路内の可燃性気体とガラス前駆体材料との間のモル濃度比が少なくとも0.8であることを条件として、例えば、中央炎を近接して取り巻く管路のような、バーナの異なる管路に特定の量の可燃性気体を供給してもよい。

10

【0022】

このように、本発明の1つの側面は、光ファイバガラスプリフォームを成形する過程であって、

バーナを堆積ターゲットの方向に向けて提供するステップと、

該バーナによって、第一の炎、該第一の炎を取り巻く第二の炎、第一の炎を取り巻く第三の炎を発生させるステップとを備え、第一の炎を発生させるステップは、上記バーナに対し所定の量の可燃性気体、燃焼支援気体及びガラス前駆体材料を供給するステップを備え、第一の炎を発生させるステップは、ガラス前駆体材料と予混合した状態で上記所定の量の可燃性気体を体積比にて少なくとも30%だけ上記バーナの中央管路に供給するステップを備える、上記過程に関する。

20

【0023】

好ましくは、中央管路に供給される可燃性気体の上記割合は、少なくとも60%、より好ましくは、少なくとも90%であるものとする。更により好ましくは、第一の炎の可燃性気体の全てがガラス前駆体材料と共に中央管路に供給されるものとする。

【0024】

当該出願人はまた、第一の炎の可燃性気体及びガラス前駆体材料が約0.8ないし1.2の間のモル濃度比にてバーナに供給されるとき、より好ましくは、可燃性気体及びガラス前駆体材料が予混合され且つ、少なくとも0.8、より好ましくは、約1のモル濃度比にて中央管路に供給されるとき、最良の性能が得られることも知見した。

30

【0025】

好ましくは、第一の炎を発生させるステップは、中央管路を取り巻く第二の管路に不活性気体を供給するステップと、第二の管路を取り巻く第三の管路に燃焼支援気体を供給するステップとを更に備えるものとする。

【0026】

第二の炎を発生させるステップ及び第三の炎を発生させるステップの双方は、可燃性気体を酸素よりも小さい動粘度を有する不活性気体と予混合するステップを備えることができる。

【0027】

その第二の側面において、本発明は、ガラス光ファイバプリフォームを作製する過程にてガラススト粒子の流れを発生させるバーナ組立体であって、

40

内側炎、中間炎及び外側炎をそれぞれ発生させる第一、第二及び第三の組みの管路を有するバーナと、

ガラス前駆体材料源と、可燃性気体源と、燃焼支援気体源とを備え、上記ガラス前駆体材料及び上記可燃性気体の混合体を形成するミキサーであって、該混合体を中央管路に供給し得るようバーナの中央管路に流体的に接続された上記ミキサーを更に有する、気体供給システムとを備える上記バーナ組立体に関する。

【0028】

好ましくは、中央管路が可燃性気体源に流体的に接続された第一の組みの管路の唯一の

50

管路であるものとする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

図2の説明的な概略図を参照すると、参照番号1は、微細ガラス粒子を合成する本発明によるバーナ組立体を示す。バーナ組立体1は、多数炎バーナ2と、気体をバーナ2に供給する気体供給システム3とを備えている。

【0030】

バーナ2は、以下に説明するように、三重炎バーナであることが好ましく、また、ガラススートプリフォームを作製するオーバクラディング堆積法にて使用するのに特に適している。かかる過程において、図3の説明図に示すように、バーナ2は、スート粒子を堆積させてスートプリフォーム11を成長させるべく回転する堆積ターゲット10に向けて向き決めされている。この過程の間、ターゲット10（典型的に、ガラスコアプリフォーム）は、参照番号12で示したその長手方向軸線の回りで回転させる。

10

【0031】

バーナ2は、必要とされる気体を気体供給システム3から受け取り且つ、バーナ2を支持構造体（図示せず）に固定する基部4と、気体をその長手方向軸線6により画成された方向に沿って噴射し得るようにされた気体噴射多数パイプシリンダ5とを備えている。

【0032】

図4の長手方向断面図及び図5に示すように、シリンダ5は、例えば、A I S I 303、A I S I 304、A I S I 310、又はA I S I 316 L（ここで、A I S I とは、アメリカ鉄鋼協会（A m e r i c a n I n s t i t u t e S t e e l a n d I r o n）の頭文字である）のような金属で出来たものであることが好ましい、同軸状の複数の管状壁（又はパイプ）31ないし39（内側から外側に順次に番号を付す）を備えている。管状壁31は、円形断面の第一（中央）気体管路41を画成する一方、その他の壁32ないし39の各々は、該壁が取り巻く壁と共に、環状断面のそれぞれの気体管路42ないし49（内側から外側に順次に番号を付す）を画成する。

20

【0033】

管路41ないし49は、それぞれ第一、第二及び第三の炎を発生させるために使用される第一（又は内側）、第二（又は中間）及び第三（又は外側）の組みの管路7、8、9にグループ化することができる。好ましくは、図4に示すように、第一、第二及び第三の組みの管路7、8、9は、長手方向に隔たった位置にて終わり、特に、壁33ないし35は、前方に壁31、32に対して終わり、壁36ないし39は、前方に壁33ないし35に対して終わる。その結果、第一の炎が既に形成されている箇所にて第二の炎が発生され、また、第二の炎が既に形成されている箇所にて第三の炎が発生される。このようにして、炎の全長は、炎内での粒子の滞在時間と共に、増大する。

30

【0034】

好ましくは、バーナ2は、外側ガラス管40を更に備えており、該外側ガラス管40は、管39を取り巻き且つ、更に前方に、管36ないし39に対して終わり、第三の炎の方向性及び封込め効果を改良する。バーナの出口にて三重炎が達する高温のため、この場合、ガラスであることが好ましい。

40

【0035】

第一の炎が発生され且つ、ガラスのスート粒子を発生させる反応が開始する箇所である気体混合箇所にそれぞれの気体を運ぶため、第一の組みの管路7が使用される。

より詳細には、

好ましくは、 $\text{SiCl}_4$ のような二酸化けい素前駆体であるガラス前駆体材料を $\text{H}_2$ のような可燃性気体と共に運ぶため、第一の管路41が使用される。

【0036】

その分子量と可燃性気体の分子量との比が少なくとも10：1であるように、例えば、Ar又は、次善のものであるが、 $\text{N}_2$ である、好ましくは不活性気体を運ぶため、第二の管路42が使用される。

50

## 【0037】

特に、可燃性気体の燃焼のために必要とされる $O_2$ のような、酸化体気体のような、燃焼支援気体（以下、「補助気体」とも称する）を運ぶため、第三の管路43が使用される。

## 【0038】

中央炎に対して必要とされる可燃性気体のかなりの量をガラス前駆体と予混合させ且つ、その混合体を中央管路41に供給する結果、ガラススートの合成率及び堆積率が向上する。実際には、当該出願人によれば、第一の炎をガラス原材料の流れ内で発生させることにより、スート粒子の形成過程の効率を向上する。

## 【0039】

好ましくは、ガラス前駆体材料及び可燃性気体を約0.8ないし1.2の範囲のモル濃度比にてバーナ2に供給することにより、第一の炎が発生されるようにする。

図4の好ましい実施の形態において、第一の炎の可燃性気体の全体は第一の管路41に供給され、その場合、第一の管路41内での可燃性気体とガラス前駆体とのモル濃度比は、約0.8ないし1.2の範囲にある。より好ましくは、この比は、約1であるものとする。可燃性気体の全体をガラス前駆体材料と共に、内側管路に供給することは、内側炎の可燃性気体に対する別個の管路は不要であるため、小さい寸法のバーナを使用することを可能にする。

## 【0040】

これと代替的に、第一の炎の可燃性気体の一部分を不活性気体と予混合させた状態にて第二の管路42に供給することができ、又は、バーナは、第一の管路41と第二の管路42との間に、第一の炎の可燃性気体の一部分を運ぶための更なる管路（図示せず）を備えるようにしてもよい。これらの代替的な実施の形態において、第一の炎の可燃性気体のかなりの部分、好ましくは、体積比で30%以上、より好ましくは、60%以上、更により好ましくは、90%以上が第一の管路41に供給される一方、可燃性気体の残りの部分は、第二の管路42又は上記の更なる管路に供給されるようにする。好ましくは、第一の管路41内での可燃性気体とガラス前駆体材料との間のモル濃度比は少なくとも0.8であるものとする。

## 【0041】

好ましくは、その他の気体がガラス前駆体材料と予混合されず、このため、第一の管路41に供給された気体混合体は、ガラス前駆体材料及び可燃性気体からのみ成るものとする。

## 【0042】

第二の管路42内の不活性気体の流れは、内側炎の水素気体に対するノズル及び酸素気体に対するノズルが隣接して配置されるならば、生じるであろうノズルの劣化を防止するために必要とされる。

## 【0043】

第二の組みの管路8は、

A rのような不活性気体に対する第四の管路44と、

低動粘度気体、特に、A rのような不活性気体と予混合させた $H_2$ のような可燃性気体に対する第五の管路45と、

可燃性気体の燃焼のために使用される、補助気体、特に、 $O_2$ のような酸化体気体に対する第六の管路46とを備えている。

## 【0044】

本発明の目的上、「動粘度」とは、気体の粘度と密度との間の比を意味し、「低動粘度気体」は、燃焼反応の生成物、すなわち $O_2$ 及び $H_2O$ よりも小さい動粘度を有する気体である。 $O_2$ は $H_2O$ よりも小さい動粘度を有するため、「低動粘度気体」とは、A r又はX eのような、 $O_2$ よりも小さい動粘度を有する気体を意味する。窒素( $N_2$ )は、次善のものであるが、代替的に使用することができる。ヘリウム及びネオンのような不活性気体は、酸素よりも大きい動粘度を有し、従って、この用途に不適當である。低動粘度の

10

20

30

40

50

気体を使用することの有利な効果について以下に説明する。

【0045】

第三の組みの管路9は、第二の組みの管路8と同様であり、

Arのような、不活性気体に対する第七の管路47と、

Arのような、低動粘度気体と予混合させたH<sub>2</sub>のような可燃性気体に対する第八の管路48と、

可燃性気体の燃焼のために使用される、補助気体、特にO<sub>2</sub>のような酸化体気体に対する第九の管路49とを備えている。

【0046】

図1のバーナにおいて、内側炎は、ガラス粒子を形成するためのエネルギーを提供し且つ、粒子の流れを封じ込めるといふ二重の機能を有するが、本発明のバーナにおいて、これら2つの機能は、内側炎及び中間炎によりそれぞれ別個に行われる。本発明のバーナによって発生された第三の炎は、図1のバーナの第二の炎の機能に相応する機能を果たす、すなわち、ガラススート粒子を半径方向に封じ込めるのを向上させ且つ、これらの粒子を堆積ターゲットまで案内し、また、スートプリフォームの表面にてサーモホロテック効果を提供し、また、その温度を制御することを可能にする。

【0047】

第三の炎において、第二の炎と同様に、不活性気体(Ar)を可燃性気体(H<sub>2</sub>)と予混合させることにより、炎はバーナの管路の出口にてノズルから分離し、このため、これらノズルが劣化することはない。更に、H<sub>2</sub>を不活性気体と予混合させることにより、H<sub>2</sub>及びO<sub>2</sub>を2つの隣接する管路内に有することが可能であり、それは、Arが存在することは、H<sub>2</sub>がO<sub>2</sub>の流れに向けて拡散する程度を感知し得る程度に減少させるからである。このことは、不活性気体に対する別個の管路がH<sub>2</sub>管路とO<sub>2</sub>管路との間に典型的に配置される既知のバーナに優る更なる有利な点である。その結果、バーナの半径方向寸法は減少する。特に、本発明のバーナは、図1のバーナが2つの炎を発生させるため必要とする同一数の管路にて3つの炎を発生させることが可能であることを理解することができる。

【0048】

炎のより小型の配置は、粒子の拡がり程度を減少させ、従って、粒子の収集効率及び全体的な堆積収率を向上させるのに役立つ。このため、スートの形成反応は、より小さい半径方向の領域に限定される。

【0049】

更に、適正な流れの低動粘度気体を第二及び第三の炎の可燃性気体と予混合することは、乱流に起因する拡散効果に反作用する、流れの拡散効果の減少程度を決定する。実際には、第二及び第三の炎内における低動粘度気体の流れは、それぞれのサーモホロテック封込め層を画成し、内側粒子に対する案内効果を向上させる。その結果、内側炎が拡散する程度は更に減少する。

【0050】

三重炎バーナについて説明したが、より多数の炎を発生させることができるバーナは、例えば、上記の構造体に対し組み8、9のような1つ又はより多数の組みの管路を提供することにより、実現することが可能であることが理解できる。

【0051】

図6を参照すると、気体供給システム3は、異なる気体を発生させる複数の気体源50と、バーナ2の異なる管路に向けられる流量を制御する複数の体積流量制御装置(MFC)51と、気体の流れを気体供給システム3の所定の箇所にて分割する所定の数の気体分割装置52と、バーナ2に供給する前に、所定の気体を混合する所定の数の気体ミキサー53とを備えることができる。気体ミキサーは、単にT字形ピースとすることができ、換言すれば、管路内で接続することができる。

【0052】

より詳細に説明すれば、気体源50は、ガラス前駆体材料(SiCl<sub>4</sub>のような)の源

50 a と、可燃性気体 ( $H_2$  のような) の ( $Ar$  のような) の源と、補助気体 50 d ( $O_2$  のような) の源 50 b と、不活性気体源 50 c とを備えることが好ましい。異なる気体が必要とされるならば、更なる気体源を提供することができる。気体源は、当該技術分野にて既知の任意の型式のものとする事ができる。

【0053】

気体源 50 a をパーナ 2 (特に、中央管路 41 に対するもの) に接続するため単一の流体接続具が必要とされるが、パーナの別個の管路に対し相応する気体の別個の流れを有するようにその他の気体源の各々の出口に分岐接続具が提供される。特に、図 4 に示すように、異なる気体をパーナに供給するため、可燃性気体源 50 b の出口のパイプは 3 つの枝管を有し、不活性気体源 50 c の出口のパイプは 4 つの枝管を有し、補助気体源 50 d の出口のパイプは 2 つの枝管を有する。供給パイプの各々には、相応する気体の流れを制御する MFC 51 が設けられる。

10

【0054】

第一の気体ミキサー 53 a は、ガラス前駆体材料源 50 a 及び可燃性気体源 50 b に流体的に接続され (相応する分岐接続具を介して)、ガラス前駆体材料及び可燃性気体を混合させる。第一の気体ミキサー 53 a の出口は、中央管路 41 に流体的に接続されて、該中央管路に対し、ガラス前駆体材料及び可燃性気体の混合体を供給する。「流体的に接続される」とは、流体を運ぶのに適したパイプ又は任意のその他の型式の管路による任意の物理的接続具を意味することを意図する。

【0055】

中央管路 41 は、可燃性気体源と流体的に接続された第一の組みの管路 7 の唯一の管路である。

20

第一の気体分割器 52 a は、不活性気体源 50 c に接続された入口と、同一の気体の 2 つの別個の流れを提供する第一及び第二の出口とを有している。第二の気体ミキサー 53 b は、可燃性気体源 50 b に接続された第一の入口と、第一の気体分割器 52 a の第一の出口に接続された第二の入口とを有し、また、可燃性気体を不活性気体と混合させ且つ、その混合体をパーナ 2 の第五の管路 45 に供給することができる。同様に、第三の気体ミキサー 53 c は、可燃性気体 52 b に接続された第一の入口と、第一の気体分割器 52 a の第二の出口に接続された第二の入口とを有しており、また、可燃性気体及び不活性気体を混合させ且つ、その混合体をパーナ 2 の第八の管路 48 に供給することができる。

30

【0056】

第二の分割器 52 b は、補助気体源 50 d に接続された入口と、補助気体 ( $O_2$ ) の 2 つの別個の流れを第三の管路 43 及び第六の管路 46 にそれぞれ供給する第一及び第二の出口とを有している。

【0057】

第一の炎の可燃性気体の一部分が不活性気体と予混合した状態で第二の管路 42 に供給され代替的な実施の形態において、更なる分岐接続具を可燃性気体源 50 b の出口に設けることができ、更なる気体ミキサーを設けて相応する可燃性気体の流れを第二の管路 42 に向けられる不活性気体の流れと混合させることができる。第一の炎の可燃性気体の一部分が管路 41、42 の間の専用の管路 (図示せず) に供給される更なる可能な実施の形態において、この専用の管路と直接連通する更なる分岐接続具を可燃性気体源 50 b の出口に設けることができる。

40

【0058】

数値シミュレーション試験

合成率を増大させる本発明の過程の効果を示すため、当該出願人は、数値シミュレーションを行った。このシミュレーションにおいて、例えば、1972年のペルガモン・プレス (Pergamon Press) からの国際ジャーナル熱及び質量伝導 (Int. J. Heat and Mass Transfer) 15 番、301-314 ページにおける W. P. ジョーンズ (Jones)、B. E. ラウンダー (Lauder) による、「乱流の二次方程式モデルによる層状化の予測 (The Prediction of

50

Laminarization with a two equation Model of Turbulence)」に記載されたような周知のKエプシロンモデルによって炎内の乱流効果をシミュレートした。更に、例えば、1976年燃焼協会(The Combustion Institute)の第16回燃焼シンポジウム(16th Symposium on Combustion)議事録719ページにおけるB.F. マグネッセン(Magnussen)、B.H.ヘジテルダー(Hjertager)による「スートの形成及び燃焼に特に重点を置いた乱流燃焼の数学的モデリング(On Mathematical Modeling of Turbulent Combustion With Special Emphasis Soot Formation and Combustion)」に記載された周知の渦流拡散モデルにより燃焼反応及び二酸化けい素の形成をシミュレートした。 10

## 【0059】

特に、当該出願人は、第一の炎の全ての可燃性気体はガラス前駆体材料と予混合した状態でバーナの第一のポートに供給される、以下に「A」として特定した、本発明による過程を検討し、また、第一の炎の可燃性気体は、バーナの第二のポートに供給される一方、第一のポートには、ガラス前駆体材料のみが供給される、「B」として特定した、比較用の過程を検討した。

## 【0060】

更に詳細には、以下の表1、2には、本発明による過程及び比較用の過程をシミュレートするために使用したバーナの構造及びレシピが記載されている。以下に、「管路」とは、図4及び図5と同一の番号で表示したバーナの管路を意味し、Lは第一、第二及び第三の組みの管路のノズル管のシフトを示し、ID及びODは、検討としたバーナポートに相当する円筒壁の内径及び外径を意味し、slmは「分当たりの標準的リットル」で表わした気体流の測定単位を意味する。 20

## [表1]

管路	L (mm)	OD (mm)	ID (mm)	SiCl <sub>4</sub> slm	H <sub>2</sub> slm	O <sub>2</sub> slm	Ar slm	合計 slm
41	0	5	0	4	4			8
42	0	7	6				1	1
43	0	14	8			12		12
44	25	17	16				2	2
45	25	22	19		11			11
46	25	28	24			21		21
47	72	31	30				6	6
48	72	37	33		44		26	70
49	72	44	39			35		35

## [表2]

管路	L (mm)	OD (mm)	ID (mm)	SiCl <sub>4</sub> slm	H <sub>2</sub> slm	O <sub>2</sub> slm	Ar slm	合計 slm
41	0	5	0	4			2	6
42	0	9	6		4		3	7
43	0	14	11			12		12
44	25	17	16				2	2
45	25	22	19		11			11
46	25	28	24			21		21
47	72	31	30				6	6
48	72	37	33		44		26	70
49	72	44	39			35		35

ノズルからの内側炎の距離約  $X_1 = 20 \text{ mm}$ 、 $X_2 = 40 \text{ mm}$ 、 $X_3 = 60 \text{ mm}$ にて  $\text{SiO}_2$  濃度を計算した。その結果は図7に記載されている。曲線は、対応する過程(A又 40

はB)の文字にて及びノズルからの距離Xを示す値(20、40又は60)にて特定してある。横軸は、バーナの軸線6からの半径方向距離r(メートルによる)を表わし、曲線は、軸線6に対し対称であるとみなすべきである(すなわち、軸線に対して $r=0$ )。縦軸は、反応中に形成された $SiO_2$ 粒子の濃度を表わす。

#### 【0061】

曲線 $A_{20}$ 、 $A_{40}$ 及び $A_{60}$ を相応する曲線 $B_{20}$ 、 $B_{40}$ 及び $B_{60}$ と比較することにより、本発明による過程は、ノズルの近くで、特にノズルから20mmにて、同様に40mmにて、より多量の $SiO_2$ を発生させるが、60mmでは、 $SiO_2$ の生成は、2つの場合、ほぼ等しいことが理解できる。その理由は、本発明のバーナにて炎の中心に向けた熱伝導が改善されるからである。換言すれば、第一の管路内に可燃性気体が存在する結果、ガラス前駆体材料の流れ中に第一の炎が発生され、このため、ガラス変態反応は、ノズルの出口にて直に開始する。第二の管路内のArの流れは、第一の炎がノズルに接触するのを阻止する。

10

#### 【0062】

##### 実験試験

##### 実施例1

第一の管路内の可燃性気体の相対的な量が変化するときの過程の性能を比較するため、第一の組みの試験を行った。

#### 【0063】

バーナは、図2、図4及び図5に関して上記に開示したような9管路バーナである。

20

第一の実験において、可燃性気体は中央ポートに供給されず、異なるポート内に運ばれた気体の流れは次の通りである。

#### 【0064】

第一の炎に関して、4slmの $SiCl_4$ は、2slmのArと共に中央管路に供給され、4slmの $H_2$ は、3slmのArと共に、第二の管路に供給され、12slmの $O_2$ は、第三の管路に供給され、1.7slmのArは、第四の管路に供給される。

#### 【0065】

第二の炎に関して、18slmの $H_2$ は、34slmの $O_2$ と共に使用されて、また、第三の炎を発生させるため、54slmの $H_2$ が40slmの $O_2$ と共に使用される。

第二の炎の管路は、最内側の炎のものに対して前方に40mm隔たった箇所にて終わり、第三の炎の管路は、更に前方に75mm隔たった箇所にて終わる。

30

#### 【0066】

第一の実験のレシビ及び管路の寸法は表3にまとめられている。

#### [表3]

管路	OD (mm)	ID (mm)	面積 ( $mm^2$ )	化学的種 (slm)			
				$SiCl_4$	$H_2$	$O_2$	Ar
41	5	0	19.6	4			2
42	9	6	35.3		4		3
43	14	10	75.4			12	
44	17	16	25.9				1.7
45	22	19	96.6		18		3
46	28	24	163.4			34	
47	31	30	47.9				6
48	37	33	219.9		54		12
49	44	39	325.9			40	

40

スート粒子は、290mm/時の速度にて軸方向に平行移動させ且つ、20rpmの速度にて回転させた、直径40mmの石英円筒体の上で40分間、堆積させる。平均堆積率は、2.15g/分であり、効率は20%である。スートプリフォームの最終直径は61.2mmである。

50

## 【 0 0 6 7 】

第二の実験において、本発明によるレシピを使用する。この場合、第二の炎及び第三の炎は、先の実験の形態とほぼ同一である。詳細には、最内側炎に関する限り、4 s l m の  $H_2$  は、4 s l m の  $SiCl_4$  と共に中央管路に供給され、16 s l m の  $O_2$  は、第三の管路に供給されて最内側管路の可燃性気体を燃焼させ、また、バーナノズルの損傷を防止するため、1.5 s l m の不活性気体が第二の管路に供給される。第二の実験のレシピ及び管路の寸法は、表4にまとめられている。

[ 表 4 ]

管路	O D ( m m )	I D ( m m )	面積 ( m m <sup>2</sup> )	化学的種 ( s l m )			
				S i C l <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	A r
4 1	5	0	1 9 . 6	4	4		
4 2	7	6	1 0 . 2				1 . 5
4 3	1 4	8	1 0 3 . 7			1 6	
4 4	1 7	1 6	2 5 . 9				1 . 7
4 5	2 2	1 9	9 6 . 6		1 8		3
4 6	2 8	2 4	1 6 3 . 4			3 4	
4 7	3 1	3 0	4 7 . 9				6
4 8	3 7	3 3	2 1 9 . 9		6 0		1 2
4 9	4 4	3 9	3 2 5 . 9			4 0	

過程は、第一の実験と同一時間及び同一の条件下で行われる。平均的堆積率は、4 . 2 3 g / 分であり、効率は40%である。スートプリフォームの最終直径は78 . 5 mm である。

## 【 0 0 6 8 】

第一及び第二の実験の結果を比較すると、第一の炎の可燃性気体の全体量をガラス前駆体材料と予混合することにより、堆積率、効率及びスートプリフォームの直径は顕著に増大することが理解できる。

## 【 0 0 6 9 】

第三の実験において、可燃性気体量の体積比で約3分の1を  $SiCl_4$  と予混合させ且つ、第一のポートに供給する一方、残る部分は第二のポートに供給され、これにより第一の実験と第二の実験との中間的なレシピを得ることができる。相応するレシピ及び管路の寸法は表5にまとめられている。

[ 表 5 ]

管路	O D ( m m )	I D ( m m )	面積 ( m m <sup>2</sup> )	化学的種 ( s l m )			
				S i C l <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	A r
4 1	5	0	1 9 . 6	4	2		
4 2	9	6	1 0 . 2		4		3
4 3	1 4	1 0	1 0 3 . 7			1 2	
4 4	1 7	1 6	2 5 . 9				1 . 7
4 5	2 2	1 9	9 6 . 6		1 8		3
4 6	2 8	2 4	1 6 3 . 4			3 4	
4 7	3 1	3 0	4 7 . 9				6
4 8	3 7	3 3	2 1 9 . 9		5 4		1 2
4 9	4 4	3 9	3 2 5 . 9			4 0	

過程は、第一及び第二の実験と同一時間及び同一の条件下にて行われる。この場合の平均的堆積率は、2 . 6 2 g / 分であり、効率は24 . 5 % である。円筒体に堆積されたスートの最終直径は60 mm である。第一の実験に比して改良されることが理解される。しかし、これらの結果を第二の実験の結果と比較すると、中央管路内で  $H_2$  の量を  $SiCl_4$  に対して1対1から1対2に減少させることにより、及び、第二の管路内で顕著な量の

H<sub>2</sub> を追加することにより、平均堆積率、効率及びスートプリフォームの直径のより小さい値が得られる。

### 実施例 2

過程の性能が中央管路に供給される H<sub>2</sub> の量に依存する程度を理解するため、第二の組みの実験を行った。表 6 におけるような 9 管路バーナ（表 4 のバーナに相応する）を使用した。

[ 表 6 ]

管路	OD ( mm )	ID ( mm )
4 1	5	0
4 2	7	6
4 3	1 4	8
4 4	1 7	1 6
4 5	2 2	1 9
4 6	2 8	2 4
4 7	3 1	3 0
4 8	3 7	3 3
4 9	4 4	3 9

10

3 回の実験の第一の部分において、第一の炎の SiCl<sub>4</sub> と H<sub>2</sub> との間の化学量論的比のみを変化させる、表 7 に掲げたようなレシピを使用した。

20

[ 表 7 ]

管路	4 1 ( SiCl <sub>4</sub> )	4 1 ( H <sub>2</sub> )	4 2 ( Ar )	4 3 ( O <sub>2</sub> )	4 4 ( Ar )	4 5 ( H <sub>2</sub> )
1	4 . 0	6 . 0	1 . 5	1 3 . 0	1 . 7	1 6 . 0
2	4 . 2	4 . 5	1 . 5	1 3 . 0	1 . 7	1 6 . 0
3	4 . 0	4 . 0	1 . 5	1 3 . 0	1 . 7	1 6 . 0
4 5 ( Ar )	4 6 ( O <sub>2</sub> )	4 7 ( Ar )	4 8 ( H <sub>2</sub> )	4 8 ( Ar )	4 9 ( O <sub>2</sub> )	
3	3 0 . 0	6	5 0 . 0	1 2	4 0 . 0	
3	3 0 . 0	6	5 2 . 0	1 2	4 0 . 0	
3	3 0 . 0	6	5 2 . 0	1 2	4 0 . 0	

30

これら全ての実験において、堆積は、ガラススートを直径 2 3 mm の垂直コアロッドの上に堆積させ且つ、1 5 5 mm / 時の速度にて軸方向に平行移動させ、また、2 0 r p m の速度でその軸線の周りで回転させることで、1 9 0 分間、行われる。バーナの角度は、水平に対して 3 0 ° とする。

### 【 0 0 7 0 】

3 回の実験において、可燃性気体とガラス前駆体材料とのモル分率の比は、それぞれ 1 . 5、1 . 0 7 及び 1 である。

表 8 には、これらの実験にて判明した堆積率、堆積効率及びスート直径の値がまとめられている。

40

[ 表 8 ]

実験	モル分率比 H <sub>2</sub> / SiCl <sub>4</sub>	堆積率 [ g / 分 ]	堆積効率 [ % ]	スート直径 [ mm ]
1	1 . 5	3 . 2 2	3 0 . 0	7 7 . 2
2	1 . 0 7	3 . 6 6	3 2 . 5	7 7 . 7
3	1	3 . 8 7	3 6 . 2	8 2 . 2

上記比が 1 . 5 から 1 に減少するに伴い、堆積率、堆積効率及びスートの直径は増大することが理解できる。

### 【 0 0 7 1 】

実験の第二の部分において、異なる三重炎バーナを使用する。このバーナの寸法は表 9

50

に記載されている。

[ 表 9 ]

管路	OD ( mm )	ID ( mm )
4 1	8	0
4 2	1 0	9
4 3	1 8	1 1
4 4	2 1	2 0
4 5	2 8	2 3
4 6	3 5	3 0
4 7	3 8	3 7
4 8	4 5	4 0
4 9	5 4	4 7

10

使用したレシピが表 1 0 に記載されている。この場合にも、内側炎の可燃性組成のみを変化させる。

[ 表 1 0 ]

管路	4 1	4 1	4 2	4 3	4 4	4 5
実験	( SiCl <sub>4</sub> )	( H <sub>2</sub> )	( Ar )	( O <sub>2</sub> )	( Ar )	( H <sub>2</sub> )
1	1 1 . 0	9 . 0	1 . 5	2 6 . 0	2	2 1 . 0
2	1 1 . 0	9 . 5	1 . 5	2 6 . 0	2	2 1 . 0
3	1 1 . 0	1 0 . 0	1 . 5	2 6 . 0	2	2 1 . 0
4 5	4 6	4 7	4 8	4 8	4 9	
( Ar )	( O <sub>2</sub> )	( Ar )	( H <sub>2</sub> )	( Ar )	( O <sub>2</sub> )	
5	4 7 . 0	8	1 0 4 . 0	1 4	6 6 . 0	
5	4 7 . 0	8	1 0 4 . 0	1 4	6 6 . 0	
5	4 7 . 0	8	1 0 4 . 0	1 4	6 6 . 0	

20

3 4 9 mm / 時にて平行移動し且つ 2 5 r p m / 時の速度にてその軸線の周りで回転する、直径 9 0 mm のターゲット管にて堆積が行われる。バーナ傾動角度は、水平線に対し 1 2 ° とする。

【 0 0 7 2 】

30

表 1 1 には、これらの実験にて観察された堆積率及び堆積効率の値がまとめられている。

[ 表 1 1 ]

実験	モル分率比	堆積率 [ g / 分 ]	堆積効率 [ % ]
	H <sub>2</sub> / SiCl <sub>4</sub>		
1	0 . 8 2	1 5 . 4 0	5 2 . 3
2	0 . 8 6	1 5 . 5 0	5 2 . 6
3	0 . 9 1	1 5 . 6 0	5 3 . 0

可燃性気体の流量とガラスの原材料の流量との間のモル比が約 0 . 8 2 ( 9 : 1 1 ) から約 0 . 9 1 ( 1 0 : 1 1 ) に増大するに伴い、堆積率及び堆積効率が向上することが理解できる。

40

実施例 3

これらの実験において、当該出願人は、外側火炎内でのアルゴンの流量が過程の性能に与える程度を検討した。

【 0 0 7 3 】

表 9 のバーナを使用する。外側火炎内で可燃性気体と予混合させた不活性気体の流れを変化させる、2 つのレシピを検討した。特に、第二の炎において、1 1 . 0 s l m の H<sub>2</sub> を 5 . 0 及び 3 . 0 s l m の Ar とそれぞれ予混合させ、また、第三の炎において、5 2 s l m の H<sub>2</sub> を 1 4 及び 1 2 s l m の Ar とそれぞれ予混合させる。

【 0 0 7 4 】

50

過程の結果は、表 1 2 に掲げられている。

[ 表 1 2 ]

管路	4 1	4 1	4 2	4 3	4 4	4 5
実験	( S i C l <sub>4</sub> )	( H <sub>2</sub> )	( A r )	( O <sub>2</sub> )	( A r )	( H <sub>2</sub> )
1	4 . 0	6 . 0	1 . 5	1 3 . 0	2 . 0	1 1 . 0
2	4 . 0	6 . 0	1 . 5	1 3 . 0	1 . 7	1 1 . 0
	4 5	4 6	4 7	4 8	4 8	4 9
	( A r )	( O <sub>2</sub> )	( A r )	( H <sub>2</sub> )	( A r )	( O <sub>2</sub> )
	5 . 0	2 3 . 0	7 . 0	5 2 . 0	1 4 . 0	3 5 . 0
3	2 3 . 0	6	5 2 . 0	1 2	3 5 . 0	

10

ターゲットロッドは、23 mm の直径を有し、また、155 mm / 時の速度にて平行移動させ且つ、20 rpm の速度にて回転させる。バーナの傾斜角度は、水平方向に対し 30 ° とする。ガラスの堆積は、190 分間、行われる。

【 0 0 7 5 】

表 1 3 には、これらの実験にて判明した堆積率及び堆積効率の値がまとめられている。

[ 表 1 3 ]

実験	堆積率 [ g / 分 ]	堆積効率 [ % ]	スート直径 [ mm ]
1	3 . 7	3 4 . 7	8 9 . 5
2	3 . 5	3 2 . 7	8 2 . 5

20

実験の結果、過程は Ar の流量により極めて影響され易いことが分かる。特に、第二及び第三の炎において 3 から 5 s l m に及び 1 2 から 1 4 s l m にそれぞれ増加する結果、効率を 6 % 以上、向上することが理解できる。

【 図面の簡単な説明】

【 0 0 7 6 】

【 図 1 】 既知の型式のバーナを示す部分断面図である。

【 図 2 】 バーナ及び気体供給システムを備える、本発明によるバーナ組立体の概略図である。

【 図 3 】 ガラススートプリフォームを成長させる堆積過程の説明図である。

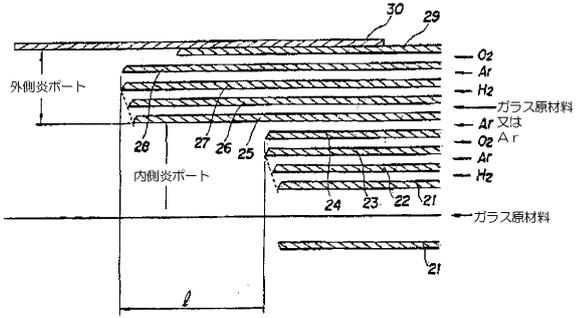
【 図 4 】 図 2 に示したバーナの一部分の面 I V - I V に沿った正確な縮尺ではない長手方向断面図である。 30

【 図 5 】 図 2 に示したバーナの面 V - V に沿った正確な縮尺ではない断面図である。

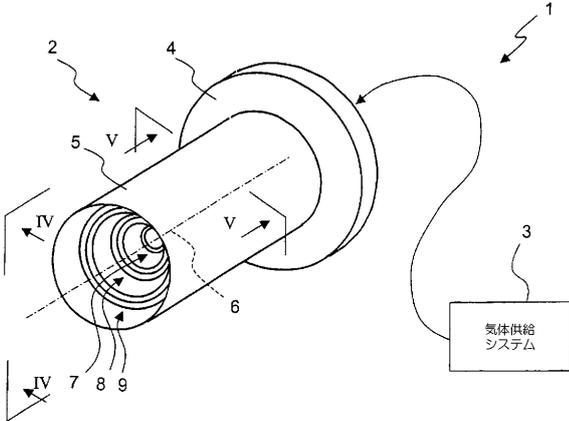
【 図 6 】 図 2 の気体供給システムの更に詳細な図である。

【 図 7 】 数値シミュレーションの結果を示す図である。

【図1】



【図2】



【図3】

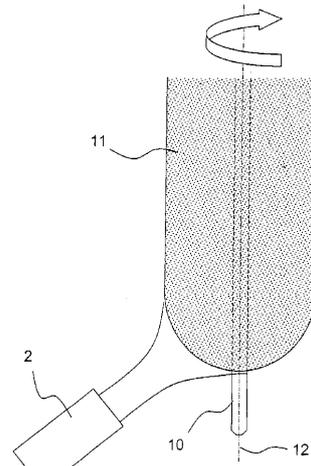


Fig. 3

【図4】

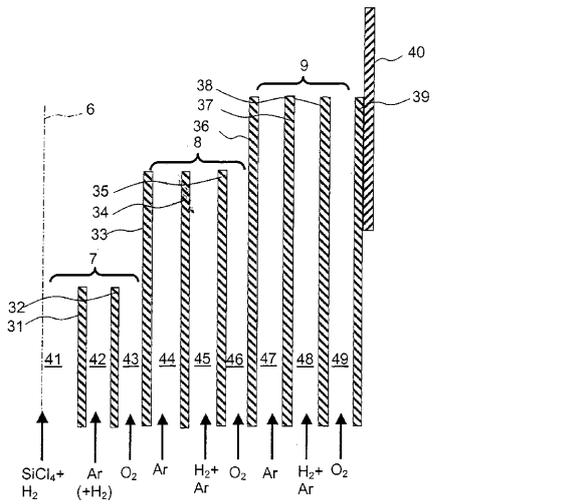


Fig. 4

【図5】

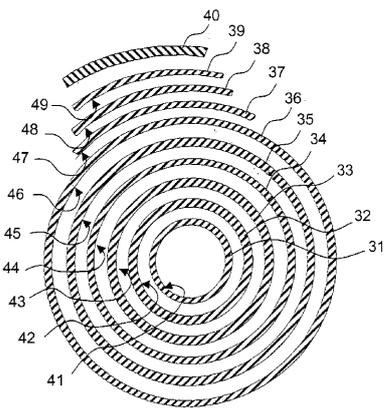
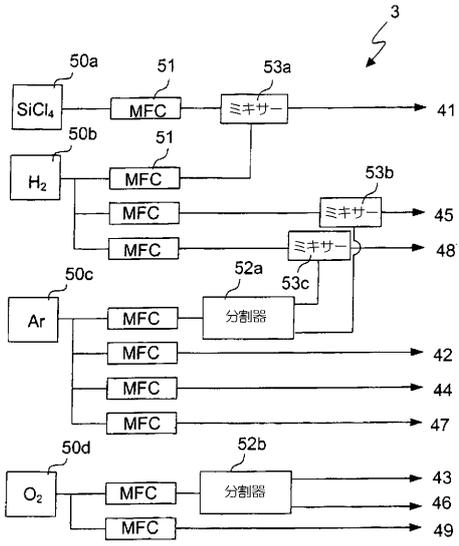


Fig. 5

【 図 6 】



【 図 7 】

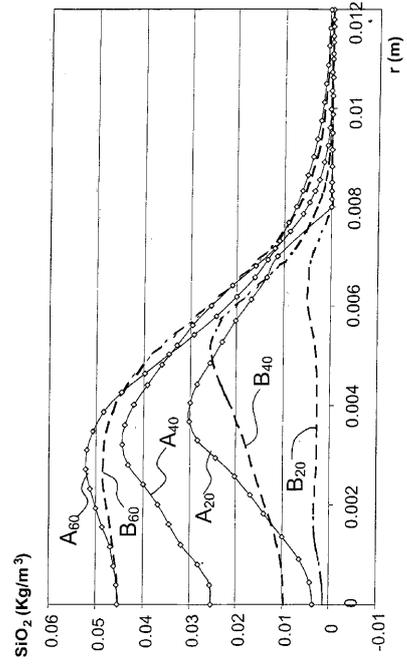


Fig. 7

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/EP 02/04883
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 C03B37/014		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 C03B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 185 106 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE ;SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES (JP)) 25 June 1986 (1986-06-25) abstract	1-12
A	--- EP 0 474 242 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 11 March 1992 (1992-03-11) abstract	1-12
A	--- US 4 915 716 A (MONROE DOUGLAS W ET AL) 10 April 1990 (1990-04-10) abstract	1-12
A	--- US 4 661 140 A (TSUCHIYA ICHIRO ET AL) 28 April 1987 (1987-04-28) abstract	1-12
	--- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>5 December 2002</b>		Date of mailing of the international search report <b>08.01.03</b>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <b>ULRIKA NILSSON /ELY</b>

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/04883

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 765 815 A (DANZUKA TOSHIO ET AL) 23 August 1988 (1988-08-23) abstract	1-12
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 427 (C-0758), 13 September 1990 (1990-09-13) & JP 02 164733 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD), 25 June 1990 (1990-06-25) abstract	1-12
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 306 (C-0735), 3 July 1990 (1990-07-03) & JP 02 102146 A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD), 13 April 1990 (1990-04-13) abstract	1-12
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 260 (C-309), 17 October 1985 (1985-10-17) & JP 60 112636 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA), 19 June 1985 (1985-06-19) abstract	1-12
A	--- DATABASE WPI Section Ch, Week 198114 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class L01, AN 1981-24324D XP002223679 & JP 56 014443 A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE CORP), 12 February 1981 (1981-02-12) abstract -----	1-12

Form PCT/ISA210 (continuation of second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 02/04883

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0185106 A	25-06-1986	JP 59232934 A	27-12-1984
		AU 571032 B2	31-03-1988
		AU 3631384 A	12-06-1986
		EP 0185106 A1	25-06-1986
		US 4627866 A	09-12-1986
EP 0474242 A	11-03-1992	JP 3118822 B2	18-12-2000
		JP 4119929 A	21-04-1992
		AU 646490 B2	24-02-1994
		AU 8353991 A	12-03-1992
		CA 2050801 A1	08-03-1992
		DE 69115387 D1	25-01-1996
		DE 69115387 T2	05-06-1996
		EP 0474242 A2	11-03-1992
		KR 9406410 B1	20-07-1994
		US 5207813 A	04-05-1993
		US 4915716 A	10-04-1990
JP 63100034 A	02-05-1988		
US 4661140 A	28-04-1987	JP 61191533 A	26-08-1986
		AU 583588 B2	04-05-1989
		AU 5322386 A	14-08-1986
		DE 3668882 D1	15-03-1990
		EP 0190748 A1	13-08-1986
US 4765815 A	23-08-1988	JP 1520735 C	29-09-1989
		JP 61026532 A	05-02-1986
		JP 64000332 B	06-01-1989
		AU 574195 B2	30-06-1988
		AU 4393785 A	16-01-1986
		CA 1264614 A1	23-01-1990
		DE 3523992 A1	16-01-1986
		GB 2161474 A ,B	15-01-1986
		HK 68289 A	01-09-1989
		KR 8903705 B1	30-09-1989
		SG 2789 G	02-06-1989
		JP 02164733 A	25-06-1990
JP 02102146 A	13-04-1990	NONE	
JP 60112636 A	19-06-1985	JP 1442459 C	08-06-1988
		JP 62050418 B	24-10-1987
JP 56014443 A	12-02-1981	JP 1453860 C	10-08-1988
		JP 62061541 B	22-12-1987

---

フロントページの続き

(74)代理人 100093089

弁理士 佐久間 滋

(72)発明者 ヌティニ, マッシモ

イタリア国 20131 ミラノ, ヴィア・テオドシオ 66

(72)発明者 ヘイズ, ジョン

イギリス国ハンプシャー エスピー6 1エヌジー, フォーディングブリッジ, フライアン・コート・ロード

Fターム(参考) 4G014 AH04

4G021 EA01 EA03 EB06 EB13